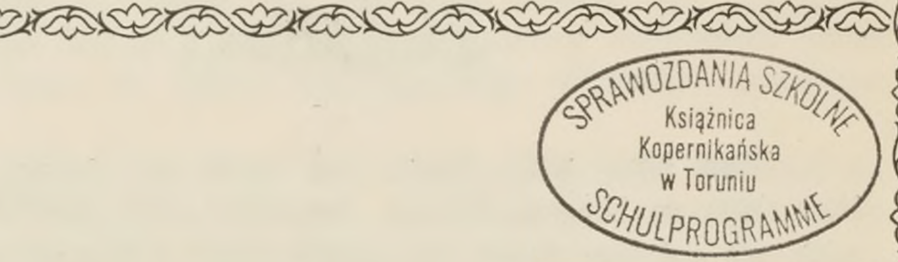
Königliches Progymnasium in Berent.



Zur Einrichtung und Kostenfrage

von

Physikalischen Schülerübungen

in gleicher Front auf der Unterstufe

von

Oberlehrer Franz Schütz.



Programm Nr. 33.

Buchdruckerei Eduard Schmidt in Berent Wpr. 1914.

Einleitung.

Man kann wohl sagen, daß heute auf keinem Gebiete des Unterrichts an höheren Schulen energischer und freudiger gearbeitet wird, als auf dem Gebiet der physikalischen Schülerübungen. Bringt doch jedes Heft der Poskeschen Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht neue Geräte und Versuchsanordnungen für diese Übungen in mannigfachster Form. Dazu kommt, daß durch die klassischen Arbeiten besonders von Grimsehl, Hahn und Noack die Grundlage für einen intensiven und erfolgreichen Betrieb der Schülerübungen geschaffen ist. Es steht jetzt wohl zweifellos fest, daß die beste Art, die Schüler die physikalischen Gesetze selbständig erarbeiten zu lassen, die Arbeitsweise in gleicher Front ist.

Wenn nun trotzdem sich erst verhältnismäßig wenig Schulen entschlossen haben, den Physikunterricht ganz auf diese Übungen aufzubauen, so liegt die Ursache dafür neben andern, vor allem schultechnischen Gründen, zum größten Teile darin, daß dieser neue Unterrichtsbetrieb eine viel höhere Belastung des Etats ergibt, als der bisher übliche. Stellt sich doch die ganze Einrichtung, wie sie Hahn in seinem Handbuch angibt, nach einer Zusammenstellung von Ernecke-Berlin auf rund 16600 Mark — 10 Schülergruppen gerechnet.

Nun ist es natürlich unmöglich, alle Aufgaben von Hahn im Schulunterricht zu behandeln. Hahn will ja auch mit seiner Aufgabensammlung garnicht eine Norm für die zu bearbeitenden Übungen geben. Doch auch bei einer passenden Auswahl ergeben sich noch erhebliche Kosten für eine Neueinrichtung.

Man vergißt dabei aber, daß die Geräte und Versuchsanordnungen von Hahn ein Ideal darstellen, wie er es mit reichlichen Mitteln durch die Arbeit eines Menschenalters erreichen konnte. Meist, oder doch wenigstens sehr häufig, wird es möglich sein, seine Geräte in eine einfachere und billigere Form umzuändern oder andere billigere Apparate zu benutzen. Zwar wird mit diesen nicht die exakte Arbeit möglich sein, wie mit jenen; aber auf der Unterstufe, die ich allein im Auge habe, handelt es sich ja garnicht um so feine Messungen. Jedenfalls werden auch sie es ermöglichen, in den Schülern den Sinn für die

besondere Art der physikalischen Forschung zu wecken und auszubilden. Und vielleicht werden sie besser als Präzisionsapparate den Schülern das Bewußtsein beibringen, eine wie große Summe von Intelligenz und technischer Fertigkeit dazu gehört, jene feinen Instrumente herzustellen, mit denen die exakten wissenschaftlichen Messungen ausgeführt werden.

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck zu zeigen, wie man auch mit den geringen Mitteln, wie sie einem Königlichen Progymnasium in der Regel nur zur Verfügung stehen, eine einigermaßen brauchbare Einrichtung für physikalische Schülerübungen in gleicher Front für die Unterstufe herstellen kann.

Ich muß zunächst hervorheben, daß an unserer Anstalt besonders günstige Bedingungen für die Einführung der Übungen bestehen. Die Schülerfrequenz in O III. und U II. geht kaum über 20, so daß die Verteilung der Übungsstunden im Stundenplan keine Schwierigkeit macht. Zur Not könnten aber auch 23—24 Schüler gleichzeitig arbeiten. Ferner liegt der Physikunterricht auf beiden Klassen in einer Hand, so daß eine einheitliche Arbeit von selbst gewährleistet wird, und die Übungen so intensiv mit dem Klassenunterricht verwoben werden können, daß beide gewissermaßen ein organisches Ganzes bilden. Schließlich konnten wir einen unbenutzten Kellerraum sehr schön in ein Übungszimmer verwandeln. Die Kosten dieses Umbaues einschl. der Lieferung von Arbeitstischen, Hockern, Vorbereitungstisch und Ablaufbrett — alles von hiesigen Handwerkern hergestellt — von ca. 900 Mark wurden durch eine Beihilfe seitens des Herrn Ministers gedeckt.

Der Übungsraum hat eine Größe von 7,9 · 5,1 · 2,8 cbm. In ihm stehen 2 große Arbeitstische von je 4 · 1,2 qm Fläche, die durch eine Längs- und 2 Querwände in 5 Abteilungen geteilt sind. In jeder Abteilung arbeitet eine Gruppe von 2 Schülern ganz ungestört für sich. Es können also 20 Schüler auf einmal beschäftigt werden. Für jeden Schüler stehen 0,8 m zur Verfügung. Außerdem enthält das Zimmer noch einen Apparatenschrank, einen Vorbereitungstisch, eine Wassertonne, da wir keine Wasserleitung haben, ein Ablaufbrett, eine Waschgelegenheit und 2 Wandtafeln mit Einteilung in Quadrate.

„Bei den Übungen", so schreibt Hahn, „kommt es durchaus nicht darauf an, daß die Schüler so gute Ergebnisse erzielen wie die Gelehrten in den Instituten der Universitäten. Auf den Schulen sind vielmehr die Wege einzuschlagen, die möglichst einfach und gerade zum Ziele

führen, mögen sie auch weniger leistungsfähig sein, als die Verfahren, die man jetzt mit Recht in der Wissenschaft und Technik verwendet. Wohl aber soll man von den Schülern verlangen, daß sie sich ernstlich bemühen, die besten Ergebnisse zu erhalten, die mit ihren einfachen und rohen Geräten auf dem benutzten Wege erreichbar sind".

Ich ging noch einen Schritt weiter. Für mich war der leitende Hauptgedanke bei der Auswahl der Aufgaben und Versuchsanordnungen die möglichste Einfachheit und Billigkeit der nötigen Geräte. Die Sorge, ob mit diesen Apparaten auch genaue Resultate erzielt werden könnten, trat an die 2. Stelle, wurde aber selbstverständlich nicht ganz außer Acht gelassen. Es kam, wie schon erwähnt, eben vor allem darauf an, die Schüler in die eigenartige Arbeitsmethode der Physik einzuführen; und das ist mit ganz einfachen Apparaten ebenso gut möglich, wie mit feinen.

Aus diesem Gesichtspunkte heraus ergab sich manche Gelegenheit, Geld zu ersparen. Ich will einige Bespiele anführen:

Gegenstand	Preis bei Ernecke	Preis des einfachen Geräts
Tarierbecher	1,00 ℳ	0,10 ℳ
Metallcylinder eben abgeschliffen .	3,00 „	0,30 „
Stativ	15,00 „	2,50 „
Spiralfeder . . ;	1,75 „	0,20 „
Wiegeschale	0,75 „	0,20 „
vertikaler Meßstab	4,00 „	0,30 „
Rolle	2,00 „	0,90 „
Magnetnadel	4,50 „	1,50 „

Selbstverständlich kann mit dieser Gegenüberstellung den Firmen, welche physikalische Geräte liefern, nicht der Vorwurf gemacht werden, ihre Preise seien unverhältnismäßig hoch. Meine geringeren Preise erklären sich vielmehr dadurch, daß ich weniger gutes Material benutzte, daß eine einfachere Abarbeitung verlangt wurde, daß ich bei Meßapparaten einen geringeren Grad von Genauigkeit forderte und schließlich dadurch, daß ich manche Apparate mit meinen Schülern außerhalb der Unterrichtszeit aus den einzelnen von Handwerkern hergestellten Teilen oder gar aus dem Rohmaterial selbst anfertigte.

Im einzelnen wird noch bei der Zusammenstellung der bei unsern Übungen nötigen Apparate zu ersehen sein, wo und wie Ersparnisse gemacht werden konnten.

Der Betrieb der Übungen regelt sich nach Hahns Vorschlägen. Sie haben sich auch bei uns tadellos bewährt. Jeder Übungsplatz erhält schon vor der Stunde einen Karton, auf den die Aufgabe, das Geräteverzeichnis und eine kurze Anleitung geschrieben ist und die nötigen Geräte. Die Schüler schreiben die Aufgabe ins Heft, die Ausführung der Aufgabe wird kurz besprochen und dann die Arbeit begonnen. Gelegenheit, Mißverständnisse und schiefe Auffassungen zu beseitigen, findet sich reichlich bei der Kontrolle der Arbeiten.

Die Aufgaben sind übrigens so eingerichtet, daß sie auch in einer Kurzstunde erledigt werden können. Nehmen die Messungen die ganze Zeit in Anspruch, so wird die Auswertung der erhaltenen Daten zu Hause geleistet. Auf jeden Fall haben aber die Schüler in der nächsten Stunde über die behandelte Aufgabe kurz zu berichten, aber nur mündlich; ein Protokoll wird im allgemeinen nicht verlangt.

Anfangs arbeiten die Schüler sehr verschieden schnell. Nach einigen Wochen wird die Arbeitszeit aber gleichmäßiger. Besonders stellt sich bald heraus, wie die einzelnen Schüler ihre Aufgabe anfassen. Einer besitzt eine ziemliche Geschicklichkeit im Aufbauen des Apparates, ein anderer liest besonders sorgfältig ab, ein dritter rechnet gut und schnell. So ist es mir nach $^1/_4$ Jahr möglich gewesen, nach diesen Erfahrungen die passendsten Schüler zu Gruppen zu vereinigen.

Auf OIII. sind die Aufgaben meist quantitativer Art mit Ausnahme der Übungen aus der Wärmelehre. Hier werden die Daten und Berechnungen in ein passendes Schema geschrieben und nur das Versuchsergebnis am Schluß in Form eines Satzes vermerkt.

Dagegen habe ich für UII. nur qualitative Übungen ausgewählt. Es ist nach meinen Erfahrungen nicht möglich, schon hier die Gesetze des elektrischen Stromes so zu behandeln, daß sie die Unterlage für messende Versuche liefern könnten. Dann würde sich eine Einrichtung mit Meßinstrumenten ganz unverhältnismäßig hoch stellen. Man denke nur: Je 10 Amperemeter und Voltmeter zu 40 Mark würden schon 800 M., d. h. fast so viel wie jetzt die Gesamteinrichtung kosten. Hier wird jede in der Anleitung gestellte Frage sofort kurz im Heft beantwortet. Zu Hause arbeiten die Schüler diese Skizze zu einem kleinen Aufsatz aus. Hin und wieder ziehe ich diese Hefte ein und sehe sie durch.

Natürlich lassen sich nicht alle Gebiete in der Physik durch Schülerübungen erledigen. Und gerade hier war stets zu sehen, wie

gern und mit welchem Eifer die Schüler selbst arbeiten. Jedesmal hörte ich Ausdrücke des Bedauerns, wenn statt der erhofften Übungsstunde Demonstrationsunterricht eintreten mußte. In der Pause nach einer Übungsstunde habe ich wiederholt gehört, wie die einzelnen Gruppen über die Genauigkeit ihrer Messungen debattierten. Einzelne Schüler haben sich auch zu Hause einfachere und billigere Apparate selbst nachgebaut und mit ihnen Versuche angestellt. Sollte diese Erfahrung — „Mehr Freude an der Schularbeit" — nicht schon allein Grund genug sein, die Methodik des physikalischen Unterrichts verbindlich auf diese neue Grundlage zu stellen?

Auch im Demonstrationsunterricht lassen sich die Versuche meist so einfach gestalten, daß sie ein Schüler selbst ausführen kann, der Lehrer also nur die Leitung und Aufsicht übernimmt.

Über die bei der Auswahl der Übungen benutzte Litteratur brauche ich wohl kein Wort zu verlieren. Ich möchte aber nicht unterlassen, auf die kleine Schrift von Prof. Busch „100 einfache Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze" Münster i. W. 1903, Aschendorff'sche Buchhandlung aufmerksam zu machen (vgl. Dannemann, Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage S. 108). Ich entnahm ihr sämtliche Aufgaben nebst den zugehörigen Anleitungen in der Elektrostatik. Im übrigen wird der Kenner wohl merken, welche Aufgaben den bekannten einschlägigen Arbeiten entstammen und welche ich selbst ausgearbeitet habe. Ich verweise besonders auf die Übungen aus der galvanischen Elektrizität.

Die Kosten für die Einrichtung – um diese Frage gleich vorwegzunehmen – wurden im Laufe von 4 Jahren zusammengebracht, und zwar

1. durch die laufenden Etatsmittel von 100 M. jährlich,
2. durch außerordentliche Beihilfen seitens des Herrn Ministers von (500 + 250 + 80 + 300) M.

Wenn in der nachfolgenden Zusammenstellung das „Soll" mit dem eben angegebenen „Haben" nicht ganz übereinstimmt, so ist das leicht zu erklären. Manche Apparate erwiesen sich als nicht geeignet für die zu lösende Aufgabe, mußten aber doch bezahlt werden.

Vielleicht wird es auch nicht zwecklos sein anzugeben, welcher Stoff bei uns in den 2 Jahren durchgearbeitet wird.

In OIII. stehen uns $^3/_4$ Jahr hindurch 2 Wochenstunden zur Verfügung. Aus der Anthropologie behandle ich nämlich nur das

Allernotwendigste, so daß ich diesen Unterricht mit den großen Ferien abschließen und im 2. Quartal gleich mit der Physik beginnen kann.

In UII. kann bekanntlich nur im Winterhalbjahr in 2 Wochenstunden Physik getrieben werden. Die Optik und Akustik wird in der Realabteilung – unsre Anstalt hat Ersatzunterricht für Griechisch – in einer Jahreswochenstunde erledigt.

OIII.

1. Mechanik.

Messen und Wiegen (Übung 1—9) — Der freie Fall (Demonstrationen) — Das Pendel (Übg. 10) — Das Trägheitsgesetz (Dem.) — Die Schwungkraft (Dem.) — Die Kraft (Übg. 11) — Die Rolle und der Flaschenzug (Übg. 12) — Die schiefe Ebene (Dem). — Der Hebel (Übg. 13) — Das Rad an der Welle (Dem.) — Die Maschinen und ihre Arbeitsleistung (Übg. 14) — Der Schwerpunkt und das Gleichgewicht (Übg. 15, 16) — Das Gewicht und der Druck der Luft (Dem.) — Das Barometer (Dem.) — Die Spannkraft der Luft (Dem.) — Das Boylesche Gesetz (Dem.) — Die Wasserpumpen (Dem.) — Die Luftpumpe (Dem.) — Die Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten (Dem.) — Der Druck in einer Flüssigkeit infolge ihrer Schwere (Dem.) — Der Wasserdruck als bewegende Kraft (Dem.) — Zusammenhängende Röhren (Dem.) — Der Heber (Dem.) — Das Archimedische Princip (Übg. 17, 18) — Das Schwimmen (Übg. 19).

2. Die Lehre von der Wärme.

Die Ausdehnung durch die Wärme (Übg. 20) — Temperatur und Thermometer (Übg. 21) — Schmelzen und Erstarren (Übg. 22) — Verdunsten, Verdampfen, Sieden, Kondensieren (Übg. 23, 24) — Die Ausbreitung der Wärme (Übg. 25) — Die Dampfmaschine (Dem.)

UII.

3. Magnetismus.

Die Grundversuche (Übg. 26) — Die Natur des Magneten (Dem.) — Das magnetische Feld (Übg. 27) — Die Erde als Magnet (Dem.)

4. Elektrizität.

Die Grundversuche (Übg. 28) — Leiter und Isolatoren (Dem.) — Die Verschiedenheit der elektrischen Ladungen (Übg. 29, 30) — Die elektrische Verteilung (Übg. 31, 32) — Der Elektrophor (Dem.) — Die Anordnung der Ladung auf Leitern (Dem.) — Die Elektrisiermaschine (Dem.) — Die Leydener Flasche (Dem.) — Das Gewitter

— Das galvanische Element (Dem.) — Der elektrische Strom (Übg. 33, 34) — Der Widerstand (Übg. 35) — Der elektrische Strom als Wärme- und Lichtquelle (Dem.) — Die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes (Übg. 36) — Das magnetische Feld des elektrischen Stromes (Dem.) — Der Elektromagnet (Übg. 37) — Anwendungen des Elektromagnetismus (Dem.) — Das Thermoelement (Übg. 38) — Die Induktionserscheinungen (Übg. 39) — Telephon und Mikrophon (Dem.) — Der Elektromotor (Übg. 40) — Die Erscheinungen der elektrischen Entladung (Dem.)

5. Akustik (nur Demonstrationsunterricht).

Entstehung des Schalles — Fortpflanzung des Schalles — Der musikalische Ton — Tönende Saiten — Tönende Luftsäulen.

6. Optik.

Der Lichtstrahl (Dem.) — Die Lichtstärke (Dem.) — Die Reflexion des Lichts (Übg. 41, 42) — Der Hohlspiegel (Übg. 43) — Die Brechung des Lichts (Übg. 44, 45) — Die Sammellinse (Übg. 46) — Das Auge und das Sehen (Dem.) — Anwendungen der Linsen (Dem.) — Die Farben (Dem.)

Verzeichnis der Aufgaben mit Kostenangabe.

Im Folgenden sollen die behandelten Aufgaben mit den zugehörigen Geräten und den Kosten zusammengestellt werden. Dabei habe ich nur die tatsächlichen Kosten angegeben. Wurde ein Gerät bei einer Aufgabe veranschlagt, so fällt sein Preis bei allen folgenden Aufgaben, in denen es auch vorkommt, fort. Die Preise verstehen sich, wo nicht besonders vermerkt, für 10 gleichartige Zusammenstellungen.

1. Messen und Wiegen.

1. Wie groß ist der Raum eines rechteckigen Holzklotzes?
   Rechteckiger paraffinierter Holzklotz, Meßstab . . . 6,00 ℳ
2. Wie groß ist der Raum einer Walze?
   Walze, Schustermaß (2 Klötze), Meßstab. (5-fache Besetzung) . . . . 10,25 „
3. Wie groß ist der Raum einer Kugel?
   Kugel, Schustermaß, Meßstab (5-fache Besetzung) . 6,00 „
4. Wie dick ist der vorgelegte Draht?
   Dünner Kupferdraht, Glasröhre, Schustermaß, Meßstab (s. Bemerkung am Schlusse dieses Abschnittes) 0,00 „

5. Wie schwer ist der bei 1. benutzte Holzklotz?
   Wage, Gewichtssatz, Holzklotz . . . . 210,00 ℳ
6. Wie groß ist das spezifische Gewicht des Materials, aus dem die Kugeln und Walzen bestehen?
   Wage, Gewichtssatz, Kugel, Walze . . . . . . 0,00 „
7. Bestimme das spez. Gew. eines unregelmäßig gestalteten Körpers mit dem Meßglas.
   Wage, Gewichtssatz, Meßglas, Bleiklumpen, Garn, Wasserbecher (s. Bem. – 5fache Besetzung) . . . 2,50 „
8. Bestimme das spez. Gew. eines unregelmäßig gestalteten Körpers mit dem Ausflußglas,
   Wage, Gewichtssatz, Bleiklumpen, Ausflußglas, Garn, Becherglas, Tarierbecher, Tarierschrot, Wasserbecher, (s. Bem. – 5fache Besetzung) . . . . 20,50 „
9. Wie groß ist das spez. Gewicht von Wasser?
   Blechcylinder eben abgeschliffen, Glasplatte, Pipette, Schustermaß, Meßstab, Fließpapier, Wage, Gewichtssatz, Tarierbecher, Tarierschrot, Wasserbecher (s. Bem.) 10,00 „

265,25 ℳ

2. Mechanik.

10. Welche Beziehung besteht zwischen der Schwingungsdauer und der Länge eines Pendels?
    Stativ, Kugel mit Öse, Garn, Meßstab (s. Bem.) 26,00 ℳ
11. Wie kann man Kräfte mittels einer Spiralfeder messen?
    Spiralfeder mit Zeiger und 2 Ösen, Stativ, Wiegeschale, vertikaler Meßstab, Reißstifte, Wage, Gewichtssatz, Bleiklumpen (s. Bem.) . . . . . . , . . 7,00 „
12. Mit welchem Teile der Last kann man bei einer losen Rolle der Last das Gleichgewicht halten?
    Stativ, 2 Rollen mit Schnur, 2 Wiegeschalen, Gewichtssatz . . . . 18,00 „
13. Unter welchen Bedingungen stehen die Kräfte, die an einem Hebel wirken, im Gleichgewicht?
    Stativ, Hebelstange, Gewichtssatz, 2 Wiegeschalen, Bleiklumpen, Tarierbecher, Tarierschrot, Meßstab, 1 verschiebbare Hülse mit Öse . . . . 11,00 „
14. Spart man bei der losen Rolle an Arbeit?
    Wie bei 12. Dazu vertikaler Meßstab . . . . 0,00 „

15. Wo liegt der Schwerpunkt einer unregelmäßig gestalteten Scheibe?
    Stativ, Garn, Nadeln, Kugel mit Öse, Pappe, Meßstab (s. Bem.) . . . . 0,00 ℳ
16. Wo liegt der Schwerpunkt einer dreieckigen Scheibe? Wie b. 15.
17. Welchen Gewichtsverlust erleidet der Bleiklumpen im Wasser?
    Wage mit kurzer Wagschale, Gewichtssatz, Bleiklumpen, Garn, Tarierbecher, Tarierschrot, Wasserbecher (s. Bem.) 0,00 „
18. Wie groß ist das spez. Gew. von Blei und Messing?
    Wie bei 17. Dazu Messingstücke . . . . . . 0,00 „
19. Wie tief taucht ein schwimmender Körper im Wasser ein?
    Standcylinder, Glasrohr mit Korkboden, Wage, Gewichtssatz, Schrot, Wasserbecher, Schustermaß, Fließpapier, Meßstab (s. Bem.) . . . . 8,00 „

70,00 ℳ

3. Wärmelehre.

20. Dehnt die Wärme alle Körper aus?
    Retorte, Klemme, Brenner, Manometer, Kochflasche, Stopfen mit Glasrohr, Gestell mit Kupferdraht, Bleiklumpen, Wasserglas, Wasserbecher, Meßstab, Dreifuß, Drahtnetz (s. Bem). . . . . 50,80 ℳ
21. Wie ist das Thermometer eingerichtet?
    Thermometer, Kochflasche, Brenner, Dreifuß, Drahtnetz, Stativ, Garn, Eis, Becherglas, Wasserbecher, Rührstab (s. Bem.) . . . . 25,00 „
22. Wie verändert sich ein fester Körper, wenn man ihn erhitzt?
    Becherglas, Eis, Brenner, Dreifuß, Drahtnetz, Thermometer, Fixiernatron, Probierrohr, Wasserbecher (s. Bem.) 0,00 „
23. Wovon hängt die Stärke des Verdunstens ab?
    Thermometer, Taffet, Garn, Alkohol, Äther, Wasserbecher, Glasscheibe, Brenner, Pipette (s. Bem.) . . 0,00 ℳ
24. Was geschieht, wenn man eine Flüssigkeit erhitzt?
    Kochflasche, doppelt durchbohrter Stopfen, Knierohr, Brenner, Dreifuß, Drahtnetz, Thermometer, Wasserbecher, Alkohol (s. Bem.) . . . . 0,00 „
25. Wie wird ein Körper warm?
    Streichhölzer, Kupfer- und Eisendraht, Brenner, Probierrohr, Sägemehl, Klemme, Wasserbecher (s. Bem.) 0,00 „

75,80 ℳ

4. Magnetismus und Elektrizität.

26. Untersuche die Eigenschaften und den Wirkungsgrad eines Magnetstabes.
    Magnetstab, Stricknadel, Eisenfeilicht, Nägel, Stahlfedern, Messing- und Kupferblechstücke, Bleischrot, Glasplatte, Eisenplatte, Holzplatte, Stativ, Garn (s. Bem.) . . . . 12,00 ℳ
27. Zeichne magnetische Felder.
    2 Magnetstäbe, Hufeisenmagnet, Eisenfeilicht, Papier, 2 durchbohrte Brettchen, 2 Holzleisten, Magnetnadel (s. Bem.) . . . . 15,00 „
28. Wie zeigt sich die Wirkung der elektrischen Ladung?
    Papierblätter, Brenner, Watte, Seidenpapier, Nähnadel auf Stativ, Pelz (s. Bem.) . . . . . . 8,50 „
29. Gibt es nur eine Art der elektrischen Ladung?
    Gabelelektroskop, Guttaperchablätter, Pelz, Seidenfaden, Papierblätter, Brenner (s. Bem.) . . . . 50,00 „
30. Untersuche einige Körper auf die Art der Ladung, die sie beim Reiben annehmen?
    Elektroskop, Pelz, Siegellackstange, isolierter Metallknopf, Brenner, Lampencylinder, Seide, Papierblätter, Radiergummi, (s. Bem.) . . . . . . 7,00 „
31. Wie wirkt ein geladener Körper in der Nähe eines Leiters auf diesen?
    Isolierter Draht, Papierblätter, Pelz, Elektroskop, isolierter Metallknopf, Brenner, Seidenpapier, Glascylinder, Seide, (s. Bem.) . . . . 2,00 „
32. Wie wirkt eine Spitze in der Nähe eines geladenen Körpers?
    Nähnadel an Siegellackgriff, Papierblätter, Pelz, Brenner, isolierter Metallknopf, Elektroskop (s. Bem.) 0,00 „
33. Wie wirkt der elektrische Strom auf die Magnetnadel ein?
    Stativ mit ausgespanntem Kupferdraht, Magnetnadel auf Stativ, Stromschlüssel, Element, Leitungsdraht (s. Bem.) . . . . 87,50 „
34. Untersuche mittels des Galvanoskops die Wirkung einiger galvanischer Elemente.
    Batterieglas, Tonzelle, Zink - Kupfer - Kohleplatte

mit Klemmschraube, Leitungsdraht, Galvanoskop, Wasserbecher, Schwefelsäure, Induktionsflüssigkeit, Schlüssel (s. Bem.) . . . . 93,00 ℳ

35. Wie hängt die Stromstärke in einem Stromkreis von der Spannung des Elements und der Beschaffenheit der Leitung ab?
Element, Galvanoskop, 2 Kohlestäbe, Draht verschiedener Stärke von Eisen, Kupfer, Messing, Schlüssel, Leitungsdraht (s. Bem.) . . . . 2,00 „

36. Wie wirkt der elektrische Strom auf einen wässrigen Leiter ein?
Element, Schlüssel, Zersetzungsapparat, Wasserglas, Wasserbecher, Kupfersulfatlösung, Schwefelsäure, Leitungsdraht (s. Bem.) . . . . 65,00 „

37. Wie verhält sich eine stromdurchflossene Spule?
Drahtspule, 2 Klötze, dicker Eisenstab, dünner Nagel, Schlüssel, Element, Magnetnadel auf Stativ, Eisenfeilicht, Leitungsdraht (s. Bem.) . . . . 27,50 „

38. Wie kann man durch Wärme einen elektrischen Strom erzeugen?
Thermoelement, Galvanoskop, Brenner, Magnetstab, Element, Leitungsdraht, Schlüssel . . . . 10,00 „

39. Wie kann man mittels eines Magneten einen elektrischen Strom erzeugen?
Doppelt umsponnene Spule, Element, Schlüssel, Leitungsdraht, Magnetstab, Galvanoskop, Eisenstab . 0,00 „

40. Wie ist der Elektromotor eingerichtet?
Elektromotor, Element, Schlüssel, Galvanoskop, Leitungsdraht . . . . 52,50 „

432,00 ℳ

5. Optik.

41. Vergleiche den Einfalls- mit dem Ausfallswinkel bei einem Spiegel.
Ebener Spiegel, Stecknadeln, Zeichenausrüstung . . 50,00 ℳ

42. Wie weit stehen Gegenstand und Bild vom Spiegel ab?
Wie bei 41. . . . . 0,00 „

43. Welche Bilder erzeugt ein Hohlspiegel?
Kugelspiegel, 2 Stricknadeln in Holzklötzen, Meßstab 26,00 „

44. Wie ändert ein Lichtstrahl beim Übergang aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes seine Richtung?
Planparallele Glasplatte, Zeichenausrüstung, Insektennadeln, Stecknadeln . . . . 11,00 M
45. Welchen Weg macht ein Lichtstrahl, der durch ein Prisma geht?
Glasprisma, Zeichenausrüstung, Stecknadeln . . . 40,00 „
46. Welche Bilder erzeugt eine Sammellinse?
Optische Bank, Gegenstand, Linse, Schirm, Kerze . 65,00 „
192,00 M

Bemerkung.

In diesem Kostenanschlage sind die gebrauchten Materialien, die von Zeit zu Zeit ergänzt werden müssen, nicht aufgenommen. Es sind dies z. B. Glasröhren, Bleiklumpen, Garn, Tarierschrot, Fließpapier, Klaviersaitendraht, Nadeln, Pappe, Messingstücke und -bleche, Korke, Chemikalien, Probierrohre, Draht, Nägel, Stahlfedern, Brettchen, Leisten, Kerzen, Papierblätter, Watte, Seidenpapier, Guttaperchablätter, Seidengarn, Leitungsdraht. Ihr Wert wird auf 37,10 M veranschlagt.

Zusammenstellung.

1.	Messen und Wiegen	265,25 M
2.	Mechanik	70,00 „
3.	Wärmelehre	75,80 „
4.	Magnetismus und Elektrizität	432,00 „
5.	Optik	192,00 „
6.	Materialien	37,10 „
		1072,15 M

Zusammenstellung der Geräte.

Die Zahlen neben den Geräten geben die Aufgaben an, bei denen sie gebraucht werden.

		Stück	Gesamtpreis
10	paraffinierte Holzklötze (Leybold-Cöln) 1, 5, 37 .	0,30	3,00
10	Meßstäbe (L.-C.) 1–4, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 20, 43	0,30	3,00
5	Walzen (L.-C.) 2, 6	1,25	6,25
10	Doppelklötze (Schustermaß) (L.-C.) 2, 3, 4, 9, 19	0,40	4,00
5	Buchsbaumkugeln (L.-C.) 3, 6	1,20	6,00
10	Wagen mit 2 langen und 1 kurzen Wagschale, 250 g Tragkraft, 0,01 g Empfindlichkeit (L.-C.) 5–9, 11, 17, 18, 19	16,00	160,00

	Stück	Gesamtpr.
10 Gewichtssätze 100 g – 0,001 g (L.-C.) 5–9, 11–14, 17–19	5,00	50,00
10 Bleiklumpen (selbstverfertigt) 7, 8, 11, 13, 17, 18, 20		1,00
5 Ausflußgläschen (L.-C.) 7	1,50	7,50
20 Bechergläser (L.-C.) 7, 20, 21, 22, 36 . .	0,30	6,00
½ kg Tarierschrot, ½ kg Glasschrot 7, 9, 13, 17, 18, 19, 26		2,00
20 Tarierbecher (vom Klempner) 7, 9, 13, 17, 18 .	0,10	2,00
10 Wasserbecher („ „) 7, 8, 9, 17–25, 34, 36	0,30	3,00
10 Blechcylinder („ „) eben abgeschliffen 9 .	0,30	3,00
20 Wiegeschalen („ „) 11–14 . .	0,10	2,00
5 Meßgläschen (L.-C.) 8	0,50	2,50
10 Glasplatten 9, 23, 26		1,00
10 Pipetten (L.-C.) 9, 23	0,60	6,00
10 Stative (vom Tischler) 1,2 m hoch 10–16, 21, 26	2,50	25,00
10 Hebelstangen (vom Tischler) 13 . . .	1,00	10,00
10 Kugeln mit Öse (selbstverfertigt) 10 . .		1,00
10 Spiralfedern mit Zeiger u. 2 Ösen (selbstverfertigt) 11		2,00
10 Papiermeßstäbe (Meiser-Mertig-Dresden) 11, 14	0,30	3,00
20 Rollen mit Schnur (M. M.-D.) 12, 14 . .	0,90	18,00
10 Hülsen mit Ösen passend zu den Hebelstangen (vom Klempner) 13	0,10	1,00
30 Messinghaken zu den Stativen		0,50
10 Messing- und Kupferstücke 18 . . .		2,00
10 Standcylinder (L.-C.) 19	0,80	8,00
10 Retorten (L.-C.) 20	0,18	1,80
10 Probierrohrhalter (L.-C.) 20, 25 . . .	0,35	3,50
10 Spiritusbrenner (L.-C.) 20–25, 28–32, 38 .	0,70	7,00
20 Kochflaschen (L.-C.) 20, 21, 24 . . .	0,40	8,00
20 Gummistopfen doppelt durchbohrt (L.-C.) 20, 24	0,40	8,00
10 Gestelle zum Ausspannen von Drähten (vom Tischler) 20, 33	0,70	7,00
20 Klemmschrauben mit Eisenplatten (M. M.-D.) .	0,25	5,00
10 Dreifüße passend zum Brenner (L.-C.) 20–24 .	0,80	8,00
10 Drahtnetze mit Asbesteinlage (L.-C.) 20–24 .	0,25	2,50
10 Thermometer mit Öse (L.-C.) 21–24 . .	2,50	25,00
½ kg Biegeröhren		1,00
20 Magnetstäbe (M. M.-D.) 26, 27, 38, 39 . .	0,50	10,00

	Stück	Gesamtpr.
1/2 kg Eisenfeilicht (M. M.-D.) 26, 27, 37 . .		2,00
10 Eisenblechplatten (vom Klempner) 26 . .	0,10	1,00
10 Hufeisenmagnete (M. M.-D.) 27 . . .	0,50	5,00
10 Magnetnadeln (M. M.-D.) 27, 33, 37 . .	0,50	5,00
10 Stative dazu (vom Tischler)		2,00
20 Brettchen mit Bohrungen, passend zu den Magnetstäben 27		2,00
20 Stücke Blech von Kupfer und Messing 26 .		1,00
10 Katzenfelle (M. M.-D.) 28–30, 32 . .	0,85	8,50
20 Stangen Siegellack 30		2,00
10 Gabelelektroskope nach Prof. Busch (Evers-Arnsberg) 29–32	5,00	50,00
10 Metallknöpfe auf isolierendem Stativ (vom Klempner) 30–32	0.30	3,00
10 Lampencylinder 30, 31	0,15	1,50
10 Radiergummi 31	0,10	1,00
10 isolierte Drähte 31	0,20	2,00
10 Tauchelemente doppelt (M. M.-D.) 33–40 .	7,50	75,00
10 Stromschlüssel (M. M.-D.) 33—40 . . .	1,25	12,50
10 Batteriegläser 34	0,25	2,50
10 Tonzellen 34	0,35	3,50
10 Zinkplatten 34	0,20	2,00
10 Kohleplatten 34	0,25	2,50
10 Kupferplatten 34 } (M. M.-D.) .	0,20	2,00
30 Klemmen dazu 34	0,30	9,00
10 Galvanoskope 34, 35, 38–40	7,15	71,50
20 Kohlestäbe 35		2,00
30 m Leitungsdraht 33—40	0,09	2,70
Draht verschiedener Stärke aus Eisen, Kupfer, Messing		2,00
10 Zersetzungsapparate mit Platinelektoden (Dr. Stöhrer-Leipzig) 36	6,50	65,00
10 Doppeldrahtspulen mit Eisenstab (M. M.-D.) 37, 39	2,75	27,50
10 Thermoelemente (M. M.-D.) 38 . . .	1,00	10,00
10 Elektromotore (M. M.-D.) 40 . . .	5.25	52,50
10 ebene Spiegel 41, 42	1,00	10,00
10 Kugelspiegel 43 } (L.-C.) . .	2,30	23,00
10 planparallele Glasplatten 44	1,00	10,00
10 Glasprismen 45	4,00	40,00

		Stück	Gesamtpr.
10 optische Bänke 46	(L.-C.) . .	3,00	30,00
10 Gegenstände 46		1,00	10,00
10 Linsen 46		1,25	12,50
10 Schirme 46		1,20	12,00
10 Zeichenausrüstungen 41, 42, 44, 45 . .		4,00	40,00
Stecknadeln und Insektennadeln			1,50
20 Stecknadeln auf Holzfuß (selbsthergestellt) 43 .		0,10	2,00
100 g Kupferdraht 0,25 mm blank . . .			2,00
100 Bogen Fließpapier			1,00
10 Dtzd. Reißstifte			1,00
1 qm Pappe			1,00
Fixiernatron			1,00
Alkohol und Äther			3,00
1/4 m Taffet			1,00
1 kg Nägel			1,00
1 Buch Papier			0,50
1 Pack Nähnadeln und Stopfnadeln			0,30
50 Stricknadeln			0,50
10 g Watte			0,10
1 Pack Seidenpapier			0,10
1 m Guttaperchapapier			1,20
Seidengarn			0,10
1 m Seidenstoff			3,00
1 Pack Kerzen			0,60
Kupfersulfat, Schwefelsäure, Induktionsflüssigkeit in Flaschen mit Stopfen und Anblasehebern .			10,00
			1072,15

Zum Schlusse mag noch erwähnt werden, daß nach meinen Erfahrungen es sich empfiehlt, den Apparatensatz für eine Aufgabe gleich in 10-facher Anzahl zu beschaffen. Man kann die Übung gleich in gleicher Front bearbeiten lassen und gliedert dann allmählich die anderen Aufgaben an. Dabei würde noch eine Verringerung der Kosten eintreten, da die Firmen bei Bezug von 10 gleichartigen Apparaten sicher einen Rabatt gewähren würden.